



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Docket No: **Q80815**

Zong Kai YANG, et al.

Appln. No.: **10/822,145**

Group Art Unit: 2661

Confirmation No.: 1166

Examiner: Not yet assigned

Filed: **April 12, 2004**

For: **PACKET SCHEDULING METHOD AND APPARATUS**

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENTS

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Submitted herewith are two (2) certified copies of the priority documents on which claims to priority was made under 35 U.S.C. § 119. The Examiner is respectfully requested to acknowledge receipt of said priority documents.

Respectfully submitted,

SUGHRUE MION, PLLC
Telephone: (202) 293-7060
Facsimile: (202) 293-7860

[Signature]
Darryl Mexic
Registration No. 23,063

WASHINGTON OFFICE

23373

CUSTOMER NUMBER

Enclosures: **REPUBLIC of KOREA 10-2004-0019627**
CHINA 03 1 18918.0

DM/lck

Date: **August 24, 2004**

BEST AVAILABLE COPY

대한민국 특허청
KOREAN INTELLECTUAL
PROPERTY OFFICE

별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto
is a true copy from the records of the Korean Intellectual
Property Office.

출원번호 : 10-2004-0019627
Application Number

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

출원년월일 : 2004년 03월 23일
Date of Application MAR 23, 2004

출원인 : 화중과기대 외 1명
Applicant(s) HUAZHONG UNIVERSITY OF SCIENCE & TECHNOLOGY, et

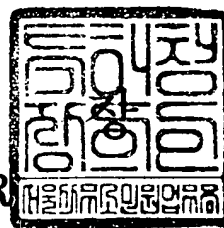


2004 년 06 월 04 일

44

특허청

COMMISSIONER





1020040019627

출력 일자: 2004/6/4

【서지사항】

【서류명】	서지사항 보정서
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2004.04.12
【제출인】	
【명칭】	화중과기대
【출원인코드】	5-2004-001847-5
【사건과의 관계】	출원인
【제출인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【사건과의 관계】	출원인
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2004-012693-4
【포괄위임등록번호】	2003-003435-0
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2004-012694-1
【포괄위임등록번호】	2003-003436-7
【사건의 표시】	
【출원번호】	10-2004-0019627
【출원일자】	2004.03.23
【발명의 명칭】	패킷 스케줄링 방법 및 장치
【제출원인】	
【발송번호】	1-5-2004-0020678-16
【발송일자】	2004.03.31
【보정할 서류】	특허출원서
【보정할 사항】	
【보정대상항목】	출원인
【보정방법】	정정



1020040019627

출력 일자: 2004/6/4

【보정내용】

【제출인】

【명칭】

화중과기대

【출원인코드】

5-2004-001847-5

【지분】

50/100

【제출인】

【명칭】

삼성전자 주식회사

【출원인코드】

1-1998-104271-3

【지분】

50/100

【취지】

특허법시행규칙 제13조·실용신안법시행규칙 제8조의 규
정에의하여 위와 같 이 제출합니다. 대리인

이영필 (인) 대리인

이해영 (인)

【수수료】

【보정료】

0 원

【기타 수수료】

0 원

【합계】

0 원

【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【참조번호】	0005
【제출일자】	2004.03.23
【국제특허분류】	H04L
【발명의 명칭】	패킷 스케줄링 방법 및 장치
【발명의 영문명칭】	Method and Apparatus for packet scheduling
【출원인】	
【명칭】	화중과기대
【출원인코드】	5-2004-001847-5
【지분】	30/100
【출원인】	
【명칭】	삼성전자 주식회사
【출원인코드】	1-1998-104271-3
【지분】	70/100
【대리인】	
【성명】	이영필
【대리인코드】	9-1998-000334-6
【포괄위임등록번호】	2004-012693-4
【포괄위임등록번호】	2003-003435-0
【대리인】	
【성명】	이해영
【대리인코드】	9-1999-000227-4
【포괄위임등록번호】	2004-012694-1
【포괄위임등록번호】	2003-003436-7
【발명자】	
【성명의 국문표기】	양 종 카이
【성명의 영문표기】	YANG, Zong Kai
【주소】	중국 후베이성 우한쓰 홍산취 웨위루 1037
【국적】	CN

【발명자】

【성명의 국문표기】

판 핑

【성명의 영문표기】

FAN,Bing

【주소】

중국 후베이성 우한쓰 홍산취 웨위루 1037

【국적】

CN

【발명자】

【성명의 국문표기】

류 얀

【성명의 영문표기】

LIU,Yan

【주소】

중국 후베이성 우한쓰 홍산취 웨위루 1037

【국적】

CN

【발명자】

【성명의 국문표기】

왕 유 밉

【성명의 영문표기】

WANG,Yu Ming

【주소】

중국 후베이성 우한쓰 홍산취 웨위루 1037

【국적】

CN

【우선권주장】

【출원국명】

CN

【출원종류】

특허

【출원번호】

03118918.0

【출원일자】

2003.04.11

【증명서류】

미첨부

【취지】

특허법 제42조의 규정에 의하여 위와 같이 출원합니다. 대리인
이영필 (인) 대리인
이해영 (인)

【수수료】

【기본출원료】

34 면 38,000 원

【가산출원료】

0 면 0 원

【우선권주장료】

1 건 26,000 원

【심사청구료】

0 항 0 원

【합계】

64,000 원

【첨부서류】

1. 우선권증명서류 원문_1통 2. 우선권증명서류 번역문_1통

【요약서】**【요약】**

패킷 스케줄링 방법이 개시된다. 본 발명은, 스케줄러에 인입되는 스트림을 속도 및/또는 패킷 길이에 기초하여 분류하고; 분류된 패킷에 대하여, 스트림의 패킷이 첫 번째 패킷인 경우 제 1 스트림 큐에 저장하고; 후속 패킷인 경우 제 2 스트림 큐에 저장하고; 제 1 스트림 큐에 저장한 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 웨이트 공평 큐(Weighted fairness Queuing)방법에 따라 카운트하고; 제 2 스트림 큐에 저장한 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 이전 패킷의 가상 서비스 종료 시간으로 카운트한다. 본 발명은 방법은 간단하고 효율적인 패킷 스케줄링을 수행하며, 하드웨어 구현이 용이하다. 또한 WF2Q+ 알고리즘의 성능을 보장한다.

【대표도】

도 3

【명세서】**【발명의 명칭】**

패킷 스케줄링 방법 및 장치{Method and Apparatus for packet scheduling}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 본 발명에 따른 스케줄링 방법의 개략도.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 의한 제 1 및 제 2 스트림 큐의 내부 구성을 나타내는 도면.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 스케줄링 방법을 나타내는 시간흐름도.

도 4는 이전 패킷의 전송과 다음 패킷의 전송사이에서 시스템의 가상 서비스 시간이 갱신되는 과정을 나타내는 시간흐름도.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 의한 제 1 및 제 2 스트림 큐의 구조를 나타내는 도면.

도 6은 본 발명의 시뮬레이팅에 사용된 네트워크 토폴로지를 나타내는 도면.

도 7는 도 2의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 대역폭 특성을 나타내는 도면.

도 8는 도 2의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 대역폭 지터 특성을 나타내는 도면.

도 9는 도 2의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 딜레이 특성을 나타내는 도면.

도 10는 도 2의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 딜레이 지연 특성을 나타내는 도면.

도 11는 도 5의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 대역폭 특성을 나타내는 도면.

도 12는 도 5의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 대역폭 지터 특성을 나타내는 도면.

도 13는 도 5의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 딜레이 특성을 나타내는 도면.

도 14는 도 5의 일 실시예에 의한 데이터 스트림의 딜레이 지연 특성을 나타내는 도면.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <15> 본 발명은 네트워크 통신 시스템 및 그 응용 기술 분야에 관한 것이다. 본 발명은 특히 라우터의 패킷 스케줄링 방법에 응용가능한 패킷 스케줄링 방법에 관한 것이다.
- <16> 인터넷의 발전에 따라, 멀티미디어 산업은 점점더 광범위하게 사용되고 있다. 음성 및 영상 같은 멀티 미디어 산업은 대역폭 및 딜레이에 많이 의존하기 때문에, 라우터는 점점더 효율적이고 빠른 속도의 패킷 스케줄링 방법을 필요로하고, 이러한 방법은 네트워크 종단 기기들 간에 신뢰적인 서비스 품질 기능(Qos)를 제공하여야 한다.
- <17> 최근에, 이러한 서비스 품질 보증 기능을 수행하기 위해, WFQ, WF²Q, WF²Q+ 같은 GPS 모델에 기초한 스케줄링 알고리즘이 광범위하게 개발되고 있다. GPS(General Processor Sharing) 모델은 이상적인 스트림 모델이다. 이것은 이하의 가정에 기초한다: (1) 패킷의 길이는 무한적으로 분할될 수 있다 (2) 모든 스트림은 동시에 서비스를 수용할 수 있다. 실제 시스템에 있어서, 스케줄러 서버가 서비스하는 최소 단위는 패킷이고, 스케줄러 서버는 동시에 오직 하나의 스트림만 서비스 가능하므로, GPS 모델은 실제적으로는 구현불가능하다. Jon C. R. Bennett and Hui Zhang는 실제의 시스템에서 GPS 모델을 시뮬레이팅하기 위해 WF²Q 스케줄링 알고리즘을 개발하였다(J. Bennett and H. Zhang, Hierarchical packet fair queuing algorithms, *In Proceedings of the ACM-SIGCOMM96*, pages 143-156, Palo Alto, CA, August 1996 참고). 이 기술의 기본 아이디어는 스트림내의 각 패킷에 대하여 개시 서비스 시간과 종료 서비스 시간을 유지하는 것이다. 스케줄러가 패킷을 보내기 전에, 스케줄러는 스케줄링되어야 할 패킷에 대한

품질 검사를 수행하여야 한다. 그 개시 서비스 시간이 시스템 가상 시간보다 적은 패킷만이 검사를 통과할 수 있다. 검사를 통과한 패킷중에서 최소의 종료 서비스 시간을 가진 패킷만이 전송될 것이다. 이러한 정책은 SEFF(Smallest Eligible virtual Finish time First) 선택 정책이라 불리운다.

<18> WF2Q+ 방법은 좋은 공평 특성(fairness) 및 지연 특성을 가지고, 복잡하지 않기 때문에, 이 알고리즘은 업계에서 광범위하게 주목 받고 있다. 그러나, WF2Q+ 알고리즘은 실제 이용에서 이하의 문제점을 가진다: 첫째, 스케줄링되어야하는 스트림이 증가할수록 알고리즘의 복잡도가 증가한다. 특히 고속 코어 라우터(core router) 경우, 데이터 스트림의 양이 크면, 이 알고리즘의 응용은 시스템에 많은 부하를 안겨줄 것이다. 둘째, 하드웨어의 구현이 용이하지 않다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<19> 본 발명은 전술한 문제점을 극복하고자 한다. 본 발명은 간단하고 효율적이며, 하드웨어는 용이하게 구현가능하다. 또한 본 발명은 서비스 품질 보증 기능을 위한 WF2Q+ 알고리즘의 성능을 보증한다.

【발명의 구성 및 작용】

<20> 전술한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일 실시예에 따른 패킷 스케줄링 방법은 스케줄된 패킷을 제 1 스트림 큐 및 제 2 스트림 큐로 분할하여 저장한 후 각 패킷에 대하여 SEFF 정책에 의해 스케줄링을 수행한다. 이 과정은 이하와 같다.

<21> (1) 스케줄링 노드를 초기화하고, 시스템의 가상 시간의 초기값을 설정한다.

- <22> (2) 소정의 패킷이 스케줄링 노드에 도달하면, 그 패킷이 데이터 스트림의 첫 번째 패킷인지 아닌지를 검사한다. 만약 첫 번째 패킷이면, 그 패킷을 해당 데이터 스트림의 데이터 속도(rate) 및/또는 길이에 따라 제 1 스트림 큐 Q1 의 말단에 저장하고, 수학적식 2에 따라 가상 개시 서비스 시간을 카운트한다. 이 시간은 데이터 스트림의 가상 개시 서비스 시간이다. 만약 첫 번째 패킷이 아니면, 그 패킷을 데이터 스트림의 말단에 바로 저장한다.
- <23> (3) 스케줄링에서, 스케줄러는 모든 큐에 있는 제 1 데이터 스트림의 헤드 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 스캔(scan)한다. 그 후, 시스템 가상 시간보다 작은 가상 개시 서비스 시간을 가지는 리걸 패킷(legal packet)을 검출한후, 수학적식 4 에 따라 이 리걸 패킷의 가상 종료 서비스 시간을 카운트한다. 그 후, 그 패킷을 최소 가상 종료 서비스 시간으로 전송한다.
- <24> (4) 선택된 헤드 패킷을 전송하는 절차는 다음과 같다: 우선, 데이터 스트림 F 로부터 패킷을 추출하고 전송한다. 그 후, 데이터 스트림 F 는 새로운 헤드 패킷의 데이터 속도 및 길이에 따라 백로그 스트림 Q2(Rx, Ly)의 말단에 저장될 것이다. 그 후, 수학적식 3 에 따라, 데이터 스트림 F의 가상 개시 서비스 시간을 갱신하고, 이 시간은 데이터 스트림 F 의 새로운 헤드 패킷의 가상 개시 서비스 시간이다. 그 후, 수학적식 1에 따라 시스템의 가상 시간을 갱신한다.
- <25> (5) 전체 동작이 끝날 때 까지 과정 (2)내지 (4)를 반복한다.
- <26> 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 바람직한 일 실시예를 상세히 설명한다.
- <27> 먼저, 표 1 및 수학적식 1 내지 4를 이용하여 이하의 설명에서 사용될 수학적식 및 기호를 정의한다.

<28> [수학적식 1]

<29>
$$V(t+\tau) = \max(V(t) + \tau, \min_{i \in B(t)} S_i^{hi(t)})$$

<30> [수학식 2]

<31>
$$S_i^k = \max(V(a_i^k), F_i^{k-1}) \text{ (where } Q_i = 0 \text{)}$$

<32> [수학식 3]

<33>
$$S_i^k = F_i^{k-1} \text{ (where } Q_i \neq 0 \text{)}$$

<34> [수학식 4]

<35>
$$F_i^k = S_i^k + \frac{L_i^k}{R_i}$$

<36> [표 1]

<37>

$V(t)$	시스템의 가상 시간 함수
S_i^k	데이터 스트림 i 의 패킷 k 의 가상 개시 시간
F_i^k	데이터 스트림 i 의 패킷 k 의 가상 종료 시간
τ	시스템 가상 시간 갱신 시간-간격
$B(t)$	시간 t에서 시스템에 백로그된 모든 스트림 세트
$H_i(t)$	시간 t에서의 데이터 스트림 i 의 헤드 패킷의 일련 번호
Q_i	데이터 스트림 i 의 스케줄되는 패킷의 양
a_i^k	데이터 스트림 i 의 패킷 k 의 도착 시간
L_i^k	데이터 스트림 i 의 패킷 k 의 길이
$R_i(t)$	시간 t에서의 데이터 스트림 i 의 데이터 속도

<38> 본 발명의 상세한 설명이 이하 관련 도면을 참조하여 설명된다.

<39> 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 스케줄링 방법을 나타내는 구조도이다.

<40> 본 발명에 따른 스케줄러(100)는 분류기(classifier)(130), 제 1 스트림 큐(110), 제 2 스트림 큐(120) 및 SEFF 선택부(140)를 포함한다.

- <41> 본 발명의 스케줄러에서 가상 시간 함수 $V(t)$ 는 이하 수학식 1과 같이 정의된다.
- <42> [수학식 1]
- <43>
$$V(t+\tau) = \max(V(t) + \tau, \min_{i \in B(t)} S_i^{hl(t)})$$
- <44> 여기서, $V(t)$ 는 스케줄러(100)의 가상 시간 함수, τ 는 시스템의 가상 시간 갱신 간격, $B(t)$ 는 시간 t 에서 스케줄러(100)에 백로그된 모든 스트림 세트, $H_i(t)$ 는 데이터 스트림 i 의 헤드 패킷의 일련 번호, S_i^k 는 k 번째 패킷의 가상 개시 시간이다.
- <45> 분류기(130)는, 데이터 속도에 따라 여러 데이터 스트림을 분류한다. 분류 등급 (quantification grade) M 은 R_1, R_2, \dots, R_m 과 같이 순차적으로 부여된다. 마찬가지로, 길이에 따른 데이터 스트림은 분류 등급 N 을 이용하여 L_1, L_2, \dots, L_n 과 같이 순차적으로 분류된다. 상이한 데이터 스트림에 대하여, 길이 분류의 등급은 동일할 수도 있고 상이할 수도 있다. R 과 L 의 조합을 통해서 여러 상이한 데이터 큐가 얻어지며, 이들 각각은 $Q(R_m, L_n)$ 과 같이 표현된다. 결국 $M \times N$ 개의 데이터 큐가 얻어지며 스케줄러(100)로 인입하는 패킷(132)는 그 패킷이 속한 스트림이 가지는 속도 및 패킷 길이에 따라 상이한 스트림으로 분류되어 저장된다.
- <46> 소정의 데이터 속도 ($R=R_m$) 및 헤드 패킷 길이 ($L, L_{n-1} < L \leq L_n$)에 대하여, 각 데이터 스트림은 해당 큐 $Q(R_m, L_n)$ 에 저장된다. 이 헤드 패킷은 스트림 큐(110, 120)내에, 현재 제일 처음 위치에 저장된다. 분류기(130)에서, 그 분류를 위한 데이터 길이는 그 자체의 길이보다 큰 길이 중에 가장 가까운 길이로 선택된다. 가장 높은 등급보다 큰 길이는 가장 높은 등급으로 분류된다. 데이터 큐내의 데이터 스트림은 $F_1, F_2, \dots, F_{tail}$ 로 표현되고, I 번째 데이터 스트림내의 패킷은 $P_{i1}, P_{i2}, \dots, P_{i, tail}$ 로 표현된다.

<47> 데이터 스트림의 '첫 번째 패킷'은 시스템의 초기에 또는 소정의 시간에 시스템이 멈춘 후 재개시될 때 처리되는 패킷에 해당한다. 새로운 패킷임을 입증하는 방법은, 그 패킷의 데이터 스트림내에 스케줄링을 기다리는 다른 패킷이 없을 때 그 패킷을 첫 번째 패킷으로 간주한다. 그 패킷의 데이터 스트림내에서 스케줄링을 기다리는 패킷이 있는 경우에는, 이러한 패킷은 그 데이터 스트림의 '후속 패킷'으로 불리운다. 첫 번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간의 카운트 및 그 데이터 스트림의 후속 패킷의 카운트는 일치하지 않기 때문에, 그 데이터 스트림의 첫 번째 패킷은 개개별로 처리되어야 한다. 그러므로, 도 1에서와 같이, 데이터 큐를 제 1 스트림 큐 (110) 및 제 2 스트림 큐 (120) 의 두 부분으로 분할하여 저장한다. 제 1 스트림 큐 (110) 는 데이터 스트림의 첫 번째 패킷의 처리를 담당하고, 제 2 스트림 큐는 그 데이터 스트림의 후속 패킷의 처리를 담당한다. 따라서 제 1 및 제 2 스트림 큐(110,120)는 총 $2 \times M \times N$ 개의 큐를 필요로한다. 스케줄러 (140) 는 SEFF 정책에 따라 제 1 및 제 2 스트림 큐로부터 소정의 시간에 패킷들을 선택하여 다음 노드로 전송한다.

<48> 도 2는 제 1 및 제 2 스트림 큐의 내부 구성을 나타내는 도면이다.

<49> 분류기(130)는 스케줄러(100)로 인입하는 스트림(132)를 속도 및 패킷 길이에 따라 제 1 스트림 큐(110) 및 제 2 스트림 큐(120)의 어느 큐에 패킷을 저장할 것인지를 결정한다. 이 때 만약 그 패킷이 첫 번째 패킷(112)이라면, 제 1 스트림 큐(110)내의 소정의 큐 $Q1(R1, L1)$ 에 저장하고, 만약 그 패킷이 후속 패킷(122)이라면, 제 2 스트림 큐(120)내의 소정의 큐 $Q2(R1, L1)$ 에 저장한다. 큐 $Q1(R1, L1)$ 및 큐 $Q2(R1, L1)$ 에 저장되는 패킷(112,122)는 서로 동일한 패킷 길이 및 스트림 속도를 가진다.

<50> 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 스케줄링 방법을 나타내는 시간흐름도이다.

- <51> 단계 310에서, 스케줄러(100)를 초기화하고, 스케줄러(100)의 가상 시간의 초기값을 예를 들면 0 으로 설정한다.
- <52> 단계 320에서, 분류기(130)는, 소정의 패킷이 스케줄러(100)에 도달하면, 그 패킷이 데이터 스트림의 첫 번째 패킷인지 여부를 검사한다.
- <53> 단계 330에서, 만약 첫 번째 패킷이라면, 그 패킷을 그 패킷의 데이터 속도 및/또는 길이에 따라 제 1 스트림 큐 $Q1(Rm, Ln)$ 에 저장한다.
- <54> 단계 340에서, 그 후 이하 수학식 2에 따라 가상 개시 서비스 시간을 카운트한다. 이 시간은 해당 데이터 스트림의 가상 개시 서비스 시간이다.
- <55> [수학식 2]
- <56>
$$S_i^k = \max(V(a_i^k), F_i^{k-1}) \text{ (where } Q_i = 0 \text{)}$$
- <57> 만약 단계 320에서, 인입한 패킷이 해당 스트림의 첫 번째 패킷이 아니라고 판단되었다면, 단계 332에서, 그 패킷을 제 2 스트림 큐(120)에 바로 저장하고, 그 후 단계 334에서, 이하 수학식 3 에 따라 가상 개시 서비스 시간을 카운트한다.
- <58> [수학식 3]
- <59>
$$S_i^k = F_i^{k-1} \text{ (where } Q_i \neq 0 \text{)}$$
- <60> 단계 350에서, SEFF 선택부(140)는 제 1 및 제 2 스트림 큐내의 모든 큐에 있는 첫 번째 스트림의 헤드 패킷에 대한 가상 개시 서비스 시간을 스캔한다. 이 때 모든 큐라는 것은 $M \times N$ 개의 제 1 스트림 큐 $Q1(R, L)$ 및 $M \times N$ 개의 제 2 스트림 큐 $Q2(R, L)$ 을 의미한다.
- <61> 그 후, 단계 360에서, SEFF 선택부(140)는 패킷의 가상 개시 서비스 시간이 시스템의 가상 시간보다 작은 패킷 즉 리걸 패킷(legal packet)을 검출한다.

<62> 단계 370에서, 이하 수학적 식 4에 따라 이 리걸 패킷의 가상 종료 서비스 시간을 카운트한다.

<63> [수학적 식 4]

$$\text{<64> } F_i^k = S_i^k + \frac{L_i^k}{R_i^k}$$

<65> 그 후 단계 380에서, SEFF 선택부(140)는 추출된 리걸 패킷을 최소 가상 종료 서비스 시간에 다음 노드로 전송한다. 위의 모든 단계는 모든 패킷이 전송될 때까지 반복된다.

<66> 도 4는 이전 패킷의 전송과 다음 패킷의 전송사이에서 시스템의 가상 서비스 시간이 갱신되는 과정을 나타내는 시간흐름도이다.

<67> 제 1 스트림 큐 Q1(Rm.Ln) 또는 제 2 스트림 큐 Q2(Rm.Ln)의 첫 번째 스트림의 헤드 패킷을 선택하고 전송하는 경우에 있어서, 위 두 가지 경우 모두 이하의 절차가 공통적으로 사용된다.

<68> 먼저, 단계 410에서, SEFF 선택부(140)는 데이터 스트림 F로부터 패킷을 추출하고 전송한다.

<69> 그러면, 단계 420에서, 헤드 패킷이 선택되어 전송된 특정 제 1 스트림 큐 Q1(Rx,Lx) 또는 제 2 스트림 큐 Q2(Rx,Ly)에서, 새로운 헤드 패킷이 발생한다. 또한 데이터 스트림 F에 대한 다음 패킷이 새로운 헤드 패킷의 데이터 속도 및 길이에 따라 제 2 스트림 큐 Q2(Rx.Ly)에 저장된다.

<70> 그 후 단계 430에서, 수학적 식 3에 따라, 데이터 스트림 F의 가상 개시 서비스 시간이 갱신된다. 이 시간은 데이터 스트림 F의 새로운 헤드 패킷에 대한 가상 개시 서비스 시간이기도 하다.

- <71> 그 후 단계 440 및 450 에서, 수학적 식 1 에 따라 시스템 가상 시간이 갱신된다.
- <72> 그 후 단계 460에서, 다음 패킷에 대한 추출 및 전송이 수행되고, 그 후에는 다시 위의 단계들에 의한 서비스 시간 갱신이 수행된다.
- <73> 본 발명의 일 실시예에서, 본 발명의 방법에 사용되는 스케줄링 노드는 라우터이다.
- <74> 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 의한 제 1 및 제 2 스트림 큐의 구조를 나타내는 도면이다.
- <75> 도 5에서, 제 2 스트림 큐(520)의 구조는 도 2에서와 동일지만, 제 1 스트림 큐(510)은 도 2와 상이하다. 이는 제 1 스트림 큐의 구조를 간략화함으로써 큐의 양과 하드웨어 자원을 절약하기 위함이다. 도 5를 참조하면, 제 1 스트림 큐 (510) 는 길이 또는 속도 중 어느 하나에 따라 분류되며, 이는 $Q1(Ln)$ 또는 $Q1(Rm)$ 으로 표시된다. 따라서 제 1 스트림 큐(510)내의 큐는, $M*N+N$ 또는 $M*N+M$ 개의 큐가 필요하다.
- <76> 이하에서, 도 5는 길이에 의한 분류를 이용한 큐를 사용하여 스케줄링하는 방법을 설명한다.
- <77> (1) 스케줄 노드를 초기화하고, 예를 들면 0과 같이 시스템의 가상 시간의 초기값을 설정한다.
- <78> (2) 소정의 패킷이 스케줄 노드에 도착하면, 그 패킷이 그 데이터 스트림의 첫 번째 패킷인지를 검사한다. 만약 그렇다면, 그 패킷을 그 속도에 대응하는 제 1 스트림 큐 $Q1(Ln)$ 의 말단에 저장하고, 가상 개시 서비스 시간을 수학적 식 2에 따라 카운트한다. 이 시간은 해당 데이터 스트림의 가상 개시 서비스 시간이다. 만약 첫 번째 패킷이 아니라면, 그 패킷은 해당 데이터 스트림 말단에 직접 저장된다.

- <79> (3) 스케줄링에서, 스케줄러는 모든 큐내의 첫 번째 스트림의 헤드 패킷에 대한 가상 개시 서비스 시간을 스캔한다. 여기서 모든 큐라함은 N 개의 제 1 스트림 큐 $Q1(L)$ 및 $M*N$ 개의 제 2 스트림 큐 $Q2(R,L)$ 를 말한다. 그 후 가상 개시 서비스 시간이 시스템 가상 시간보다 작은 리절 패킷을 추출하고, 수학적 식 4에 따라 이러한 리절 패킷의 가상 종료 서비스 시간을 카운트한다. 그 후 해당 패킷을 최소 가상 종료 서비스 시간에 전송한다.
- <80> (4) 제 1 스트림 큐 $Q1(Ln)$ 또는 제 2 스트림 큐 $Q2(Rm.Ln)$ 의 제 1 스트림의 헤드 패킷을 선택하고 전송하는 경우에 있어서, 위 두 가지 경우 모두 이하의 절차가 사용된다. 우선, 데이터 스트림 F 로부터 패킷을 추출하고 전송한다. 그 후 데이터 스트림 F 는 그 패킷을 새로운 헤드 패킷의 데이터 속도 및 길이에 따라 제 2 스트림 큐 $Q2(Rx.Ly)$ 의 말단에 저장한다. 그 후 수학적 식 3에 따라, 데이터 스트림 F 의 가상 개시 서비스 시간을 갱신하는데, 이 시간은 데이터 스트림 F 의 새로운 헤드 패킷의 가상 개시 서비스 시간이기도 하다. 그 후 수학적 식 1에 따라 시스템 가상 시간을 갱신한다.
- <81> (5) 전체 스케줄링이 종료될 때 까지 (2) 내지 (4) 과정을 반복한다.
- <82> 도 6은 본 발명의 시뮬레이팅에 사용된 네트워크 토폴로지를 나타내는 도면이다.
- <83> 도 6에서, 각 입력 체인(chain)의 대역폭은 10M이다. 모든 데이터 스트림은 스케줄링 노드에 의해 스케줄되어 출력 체인으로 출력된다. 도 6의 스케줄 노드의 속도 및 길이는 도 5의 간략화된 방법을 사용하였으며, 5개의 등급으로 분류되었다.
- <84> 본 시뮬레이션에서 사용된 데이터 스트림의 5개의 속도 등급은 다음과 같다:
- <85> 0.1Mbps, 0.3Mbps, 1Mbps, 2Mbps, 5Mbps
- <86> 본 시뮬레이션에서 사용된 데이터 스트림의 5개의 길이 등급은 다음과 같다.

<87> 200, 400, 800, 1000, 1600bytes

<88> 본 발명에 적용가능한 데이터 스트림의 전송 방식은 다음과 같으며, 본 시뮬레이션에서는 ON/OFF 방식을 사용하였다.

<89> - CBR(Constant Bot Rate) 방식: 일정한 속도를 가진 데이터 스트림을 사용한다.

<90> - On/Off 방식: 간헐적으로 전송되는 데이터 스트림을 사용한다.

<91> - 동일한 패킷 길이: 데이터 스트림내의 패킷의 길이가 모두 동일한 데이터 스트림을 사용한다.

<92> - 평균 분포(Average Distribution) 방식: 데이터 스트림내의 패킷의 길이는 소정의 범위 내에서 고르게(evenly) 분포한다.

<93> - 일반 분포(Normal Distribution) : 데이터 스트림내의 패킷의 길이는 소정의 중심값을 기준으로 소정의 범위에 일반적으로(normally) 분포한다.

<94> 도 7내지 도 14는 본 발명의 스케줄링에 의한 시뮬레이션의 결과를 나타내는 도면이다.

본 발명에 의한 패킷 스케줄링 방법의 성능을 입증하기 위해, 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 시뮬레이션되었고 이하의 성능 인덱스가 테스트되었다.

<95> * 대역폭 : 각 데이터 스트림에 의해 수신된 실제 대역폭(Mbps)

<96> * 대역폭 지터 : 인접한 기간(period)에서의 각 데이터 스트림에 의해 수신된 대역폭의 평균 실제 차이값(Mbps)

<97> * 지연(delay) : 각 데이터 스트림의 패킷의 출발 및 도착 시간사이의 차이값(ms)

<98> * 지연 지터 : 각 데이터 스트림의 이전 패킷 과 이후 패킷 사이의 평균 딜레이 차이값 (ms)

<99> 결과는 상세 성능 테스트 방법의 일부를 참조한다. 전체적으로, 이러한 방법은 간단하고 효율적이며, 하드웨어 구현이 용이하다. 또한 본 발명은 WF2Q+ 알고리즘의 성능을 보장한다.

<100> 본 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 표 2와 같다.

<101> [표 2]

<102>	데이터 스트림	채인 대역폭	수행된 대역폭		전송 방식 및 속도		패킷 길이
	1	10 Mbps	5.0 Mbps	50%	On/Off	5.0 Mbps	정상 분포
	2	10 Mbps	2.0 Mbps	20%	On/Off	2.0 Mbps	정상 분포
	3	10 Mbps	1.0 Mbps	10%	On/Off	1.0 Mbps	정상 분포
	4	10 Mbps	1.0 Mbps	10%	On/Off	1.0 Mbps	정상 분포
	5	10 Mbps	0.3 Mbps	3%	On/Off	0.3 Mbps	정상 분포
	6	10 Mbps	0.3 Mbps	3%	On/Off	0.3 Mbps	정상 분포
	7	10 Mbps	0.1 Mbps	1%	On/Off	0.1 Mbps	정상 분포
	8	10 Mbps	0.1 Mbps	1%	On/Off	0.1 Mbps	정상 분포
	9	10 Mbps	0.1 Mbps	1%	On/Off	0.1 Mbps	정상 분포
	10	10 Mbps	0.1 Mbps	1%	On/Off	0.1 Mbps	정상 분포
	스케줄링 출력	10Mbps					

<103> On/Off 모델이 전송한 구성의 데이터 스트림 각각에 사용되었다. 데이터 스트림내의 패킷은 정상 분포(평균값은 1000비트이고, 편차는 400비트)이다. 본 테스트에서, 대역폭, 대역폭 지터, 지연, 지연 지터의 성능 지수(Performance Index)를 도 2 및 도 5에 나타난 2개의 방법에 대하여 측정하였다.

<104> 도 7 내지 도 10은 도 2의 방법에 따른 대역폭, 대역폭 지터, 지연 및 지연 지터를 나타내고, 도 11 내지 도 14는 도 5의 방법에 따른 대역폭, 대역폭 지터, 지연 및 지연 지터를 나타낸다.

<105> 도 7 내지 14의 시뮬레이션 결과에 따르면, 본 발명에 따른 2가지 스케줄링 방법은 위의 4가지 성능 지수를 모두 보장됨을 알 수 있다. 따라서 고객의 서비스 품질(Quality of Service)은 보장될 수 있다.

<106> NS(Network Simulator)의 시뮬레이션에 기초하여, 스케줄링 칩으로는 자일링스사의 FPGA(Field Programmable Gate Array)가 사용되었다. 이 칩은 최대 128K의 데이터 스트림을 지원하며, 5개의 속도 및 길이 등급을 지원한다. 또한 이 칩은 모든 속도 및 길이 등급을 다양하게 구성할 수 있다. 실제의 프로세싱 테스트에 따라 이 칩은 각 데이터 스트림의 요구된 대역폭, 딜레이 및 균형성(fairness)을 모두 보장할 수 있었다.

<107> 한편, 본 발명에 따른 스케줄링 방법은 컴퓨터 프로그램으로 작성 가능하다. 상기 프로그램을 구성하는 코드들 및 코드 세그먼트들은 당해 분야의 컴퓨터 프로그래머에 의하여 용이하게 추론될 수 있다. 또한, 상기 프로그램은 컴퓨터가 읽을 수 있는 정보저장매체(computer readable media)에 저장되고, 컴퓨터에 의하여 읽혀지고 실행됨으로써 패킷의 스케줄링을 구현한다. 상기 정보저장매체는 자기 기록매체, 광 기록매체, 및 캐리어 웨이브 매체를 포함한다.

<108> 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

【발명의 효과】

<109> 전술한 바와 같이 본 발명에 의하면, 스트림의 수가 증가하더라도 간단한 하드웨어 구조를 이용한 패킷 스케줄링이 가능하다.

【특허청구범위】

【청구항 1】

패킷 스케줄링 방법에 있어서,

a) 스케줄러에 인입되는 스트림을 속도 및/또는 패킷 길이에 기초하여 분류하는 단계;

b)상기 분류된 패킷에 대하여, 상기 스트림의 패킷이 첫 번째 패킷인 경우 제 1 스트림 큐에 저장하고, 후속 패킷인 경우 제 2 스트림 큐에 저장하는 단계;

c) 상기 제 1 스트림 큐에 저장한 상기 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 웨이트 공평 큐 (Weighted fairness Queuing)방법에 따라 카운트하는 단계; 및

d)상기 제 2 스트림 큐에 저장한 상기 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 이전 패킷의 가상 서비스 종료 시간으로 카운트하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 2】

제 1 항에 있어서, 상기 c)단계는, WF²Q 또는 WF²Q+ 에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 3】

제 2 항에 있어서, 상기 c)단계는, 이하 수학적식,

$$S_i^k = \max(V(a_i^k), F_i^{k-1}) \text{ (where } Q_i = 0)$$

에 의해 수행되고, 여기서 S_i^k 는 I번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간, $V(t)$ 는 시스템의 가상 시간 함수, a_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 도착 시간, F_i^{k-1} 는 I

번째 스트림의 k-1번째 패킷의 가상 종료 서비스 시간, Q_i 는 I번째 스트림의 해당 큐에 들어 있는 이전 패킷의 양을 나타내는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 4】

제 1 항에 있어서, 상기 d)단계는 스몰리스트 일레지블 가상 종료 시간 우선 정책 (Smallest Eligible virtual Finish time First, SEFF)에 의해 수행되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 5】

제 1 항에 있어서, e)상기 제 1 스트림 큐 및 상기 제 2 스트림 큐에 저장된 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 스캔함으로써 상기 가상 개시 서비스 시간이 시스템의 가상 서비스 시간보다 작은 리걸 패킷을 검출하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 6】

제 5 항에 있어서, 상기 e)단계는,

e1) 상기 리걸 패킷의 가상 종료 서비스 시간을 이하 수학적,

$$F_i^k = S_i^k + \frac{L_i^k}{R_i(t)}$$

에 따라 카운트 하는 단계를 포함하고, 여기서 F_i^k 는 I번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 종료 서비스 시간, S_i^k 는 I번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간, L_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 길이, $R_i(t)$ 는 I번째 스트림의 속도를 나타내는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 7】

제 5 항에 있어서, f) 상기 검출된 리걸 패킷을 다음 노드로 전송하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 8】

제 1 항에 있어서, 상기 b)단계의 제 1 스트림 큐는,
상기 스트림의 속도에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 9】

제 1 항에 있어서, 상기 b)단계의 제 1 스트림 큐는,
상기 스트림의 패킷 길이에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 10】

제 1 항에 있어서, 상기 b)단계의 제 1 스트림 큐는,
상기 스트림의 속도 및 패킷 길이에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 방법.

【청구항 11】

웨이티드 공평 큐 방법을 이용한 패킷 스케줄링 장치에 있어서,

a) 스케줄러에 인입되는 스트림을 속도 및/또는 패킷 길이에 기초하여 분류하는 분류기 (classifier);

b)상기 분류된 패킷중 첫 번째 패킷을 저장하는 제 1 스트림 큐;

c) 상기 분류된 패킷중 후속 패킷을 저장하는 제 2 스트림 큐; 및

d)상기 제 1 스트림 큐 및 상기 제 2 스트림 큐에 저장된 모든 패킷에 대하여 SEFF 정책에 따라 리걸 패킷을 검출하는 SEFF 선택부를 포함하는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 12】

제 1 항에 있어서, 상기 SEFF 선택부는,

상기 제 1 스트림 큐에 저장한 상기 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 웨이트 공평 큐 (Weighted fairness Queuing) 방법에 따라 카운트하고,

상기 제 2 스트림 큐에 저장한 상기 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 이전 패킷의 가상 서비스 종료 시간으로 카운트하는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 13】

제 12 항에 있어서, 상기 스케줄러의 가상 시간 함수는 이하 수학적식,

$$V(t+\tau)=\max(V(t)+\tau, \min_{i \in B(t)} S_i^{hi(t)})$$

로 나타내며, 여기서, $V(t)$ 는 스케줄러(100)의 가상 시간 함수, τ 는 시스템의 가상 시간 갱신 간격, $B(t)$ 는 시간 t 에서 스케줄러(100)에 백로그된 모든 스트림 세트, $Hi(t)$ 는 데이터 스트림 i 의 헤드 패킷의 일련 번호, S_i^k 는 k 번째 패킷의 가상 개시 시간을 나타내는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 14】

제 12 항에 있어서, 상기 SEFF 선택부는, 이하 수학적식,

$$S_i^k = \max(V(a_i^k), F_i^{k-1}) \text{ (where } Q_i = 0)$$

에 의해 상기 제 1 스트림 큐의 가상 개시 서비스 시간을 카운트하고, 여기서 S_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간, $V(t)$ 는 시스템의 가상 시간 함수, a_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 도착 시간, F_i^{k-1} 는 I번째 스트림의 k-1번째 패킷의 가상 종료 서비스 시간, Q_i 는 I번째 스트림의 해당 큐에 들어 있는 이전 패킷의 양을 나타내는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 15】

제 12 항에 있어서, 상기 SEFF 섹터부는, 이하 수학적식,

$$S_i^k = F_i^{k-1} \text{ (where } Q_i \neq 0 \text{)}$$

에 의해 상기 제 2 스트림 큐의 가상 개시 서비스 시간을 카운트하며, 여기서 S_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간, F_i^{k-1} 는 I번째 스트림의 k-1번째 패킷의 가상 종료 서비스 시간, Q_i 는 I번째 스트림의 해당 큐에 들어 있는 이전 패킷의 양을 나타내는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 16】

제 12 항에 있어서, 상기 SEFF 섹터부는, 상기 제 1 스트림 큐 및 상기 제 2 스트림 큐에 저장된 패킷의 가상 개시 서비스 시간을 스캔함으로써 상기 가상 개시 서비스 시간이 시스템의 가상 서비스 시간보다 작은 리걸 패킷을 검출하는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 17】

제 16 항에 있어서, 상기 SEFF 섹터부는, 이하 수학적식,

$$F_i^k = S_i^k + \frac{L_i^k}{R_i}$$

에 따라 상기 리걸 패킷의 가상 종료 서비스 시간을 카운트하고, 여기서 F_i^k 는 I번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 종료 서비스 시간, S_i^k 는 I번째 스트림의 k번째 패킷의 가상 개시 서비스 시간, L_i^k 는 I 번째 스트림의 k번째 패킷의 길이, $R_i(t)$ 는 I번째 스트림의 속도를 나타내는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 18】

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 스트림 큐는,

상기 스트림의 속도에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 장치.

【청구항 19】

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 스트림 큐는,

상기 스트림의 패킷 길이에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 장치.

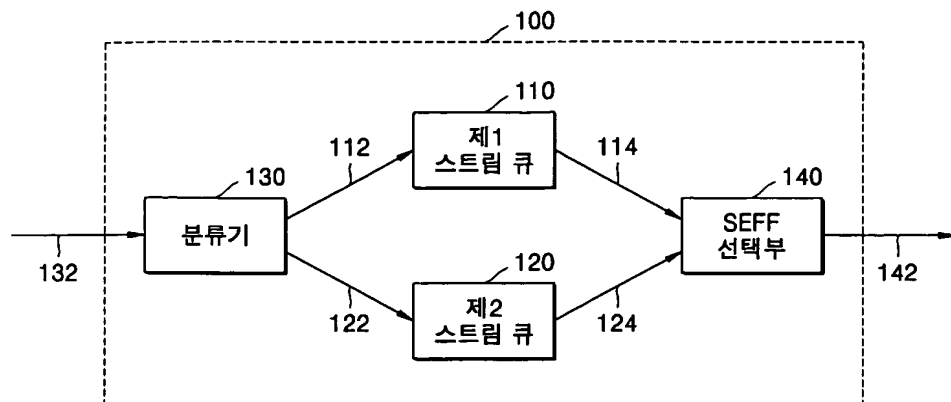
【청구항 20】

제 11 항에 있어서, 상기 제 1 스트림 큐는,

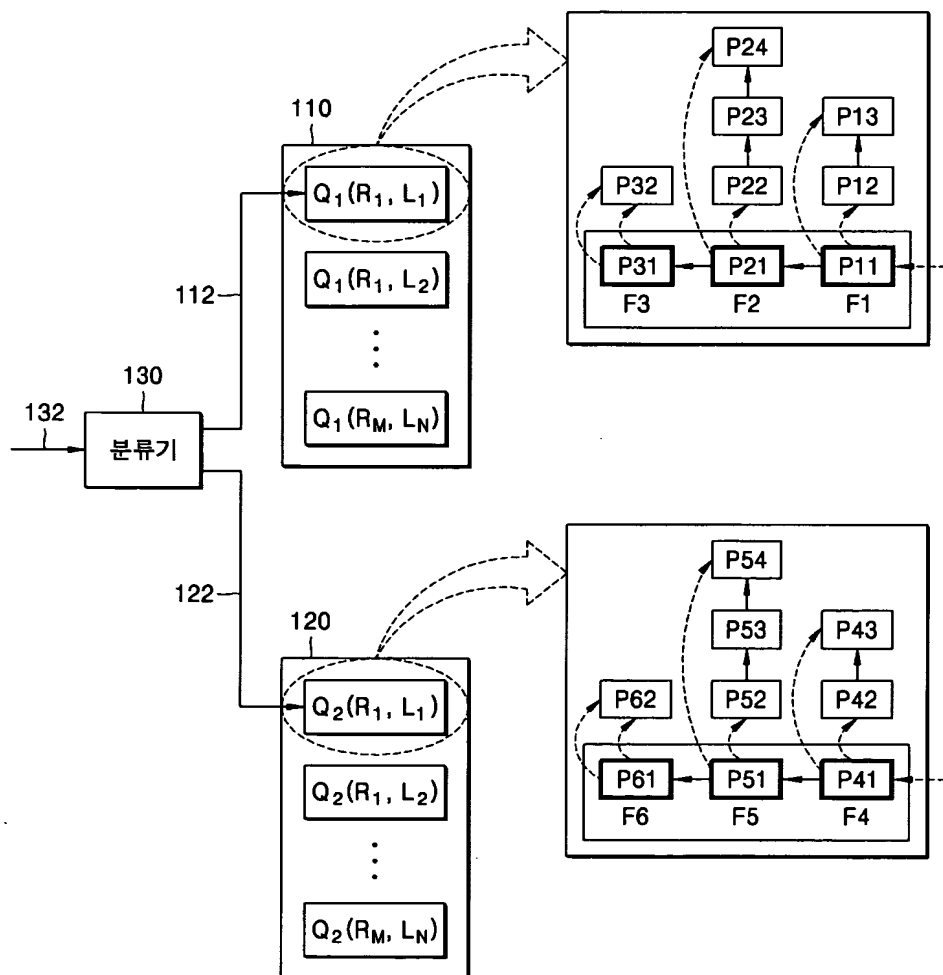
상기 스트림의 속도 및 패킷 길이에 따라 분류되는 것을 특징으로 하는 장치.

【도면】

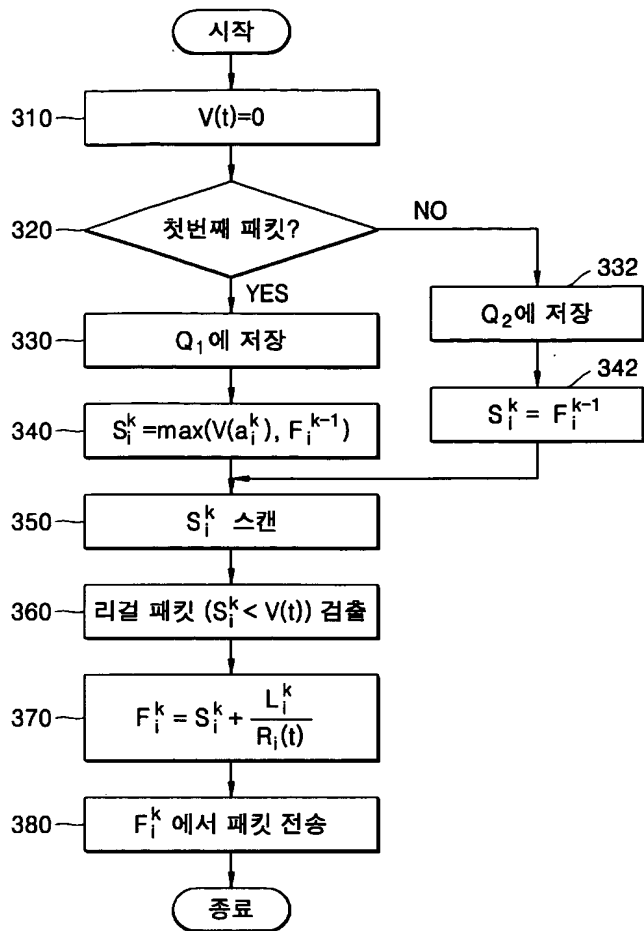
【도 1】



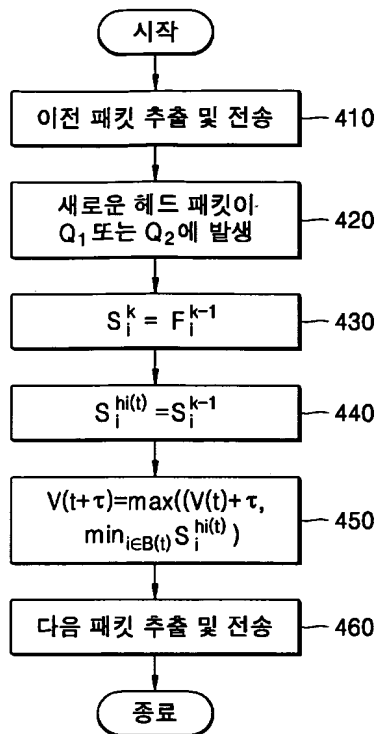
【도 2】



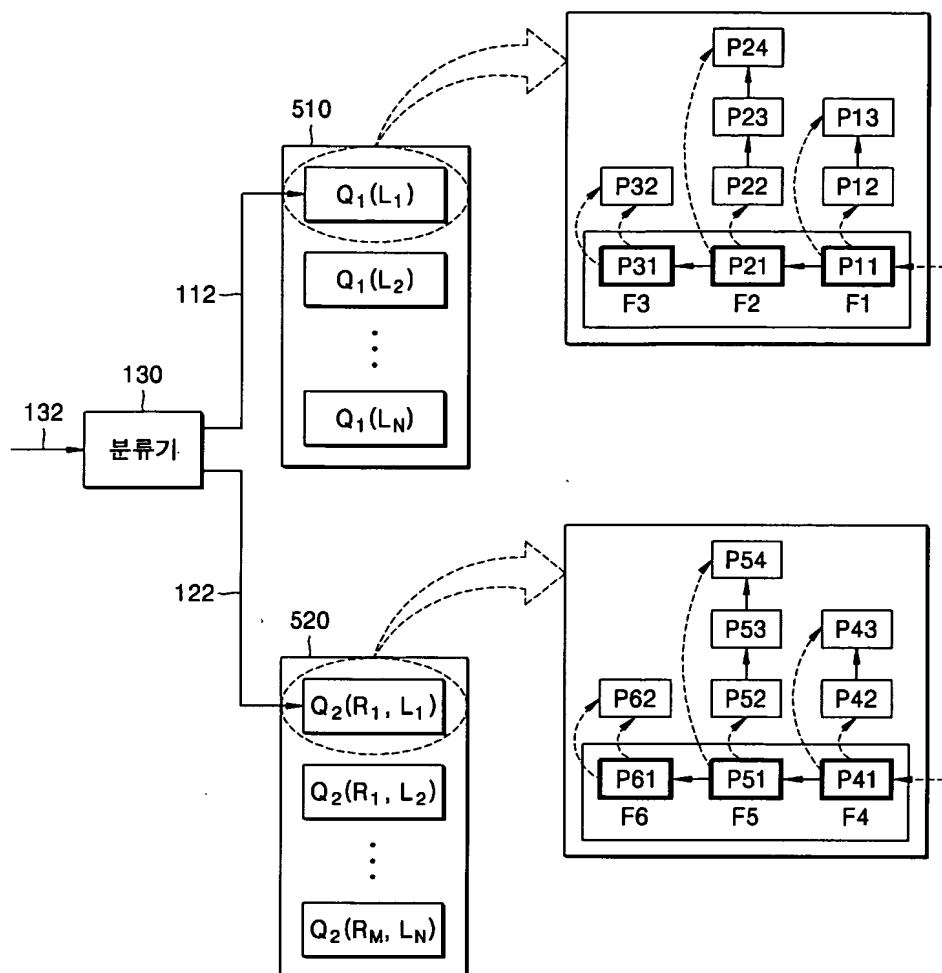
【도 3】



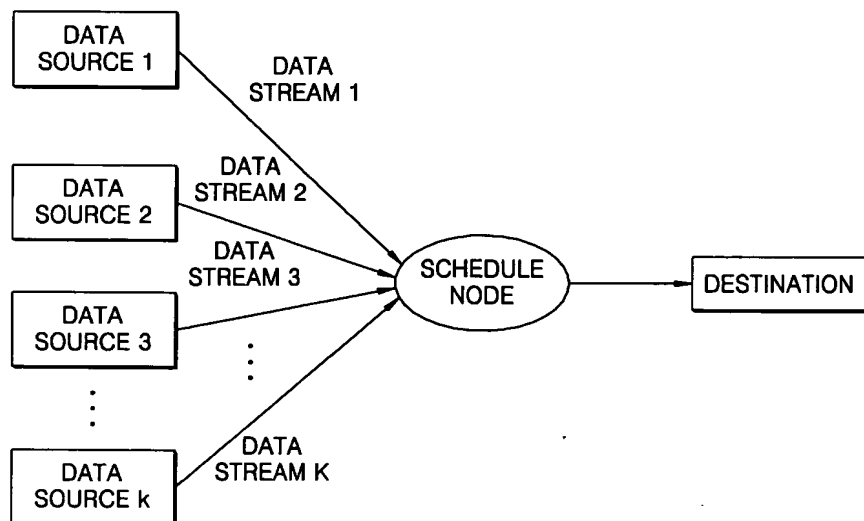
【도 4】



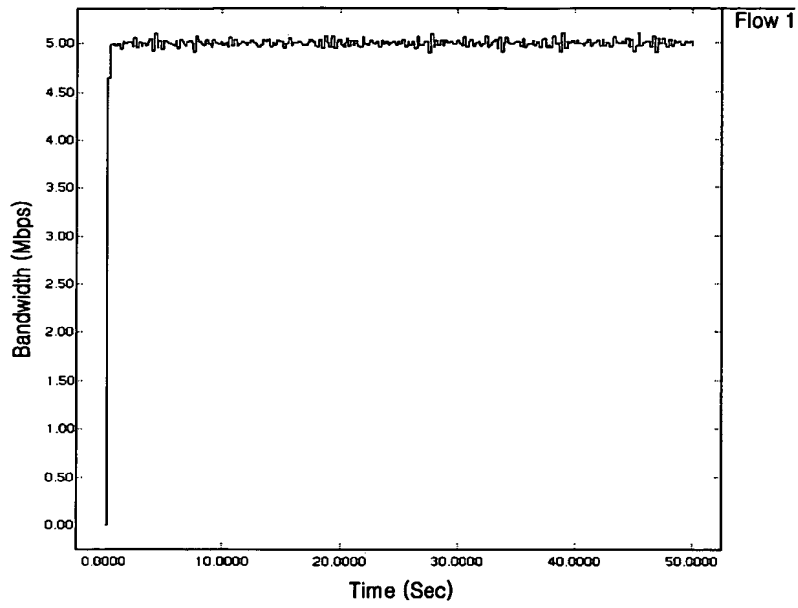
【도 5】



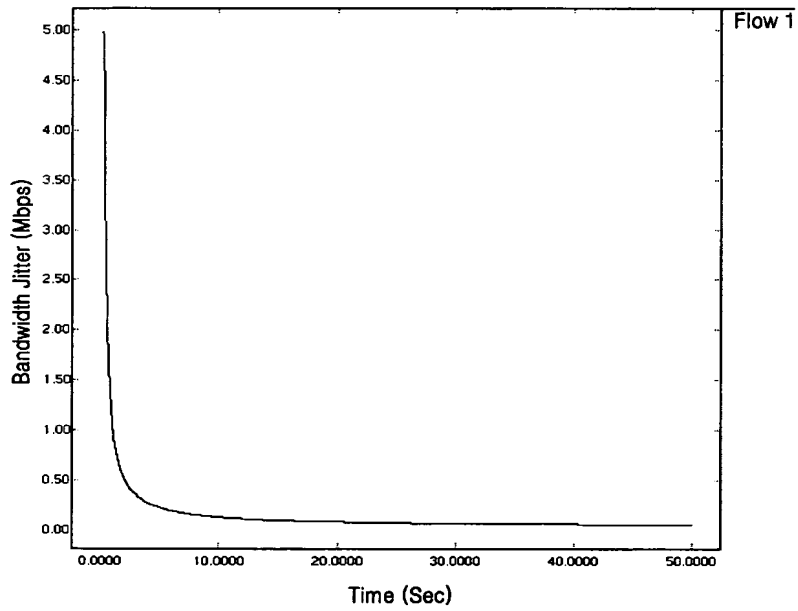
【도 6】



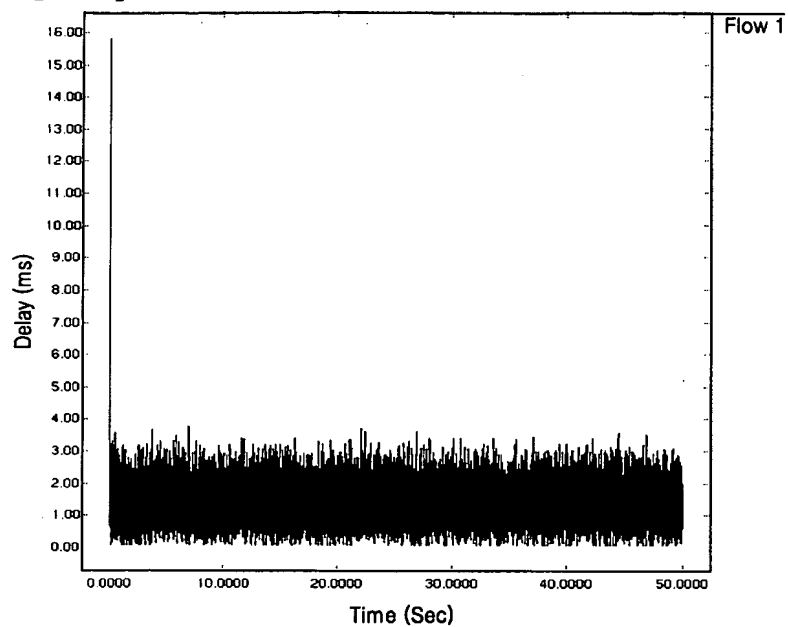
【도 7】



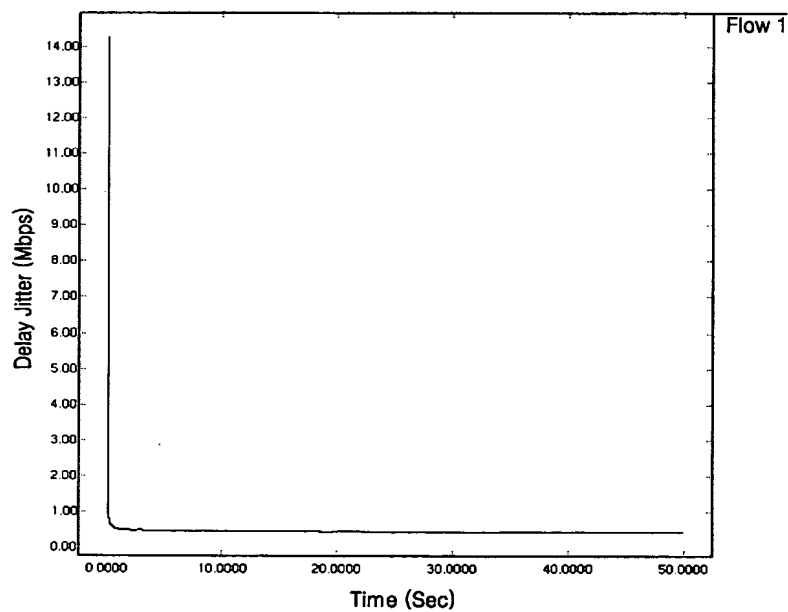
【도 8】



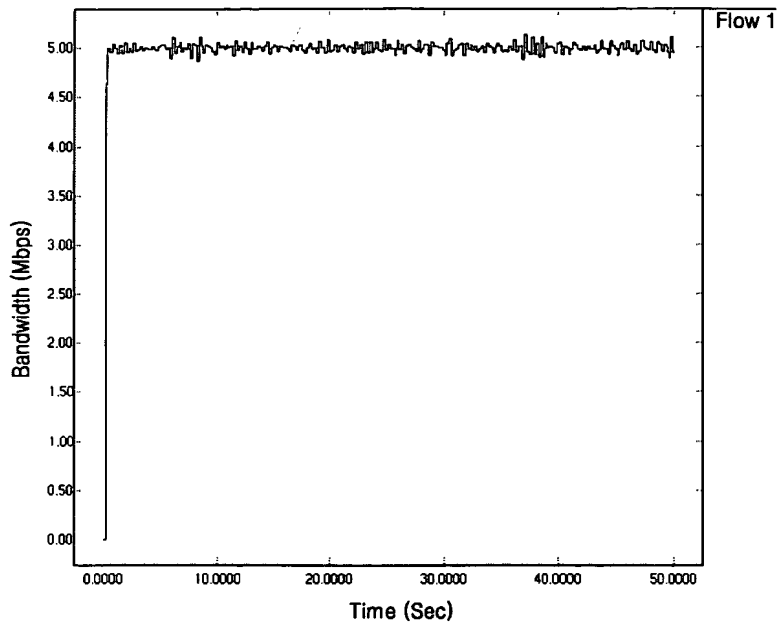
【도 9】



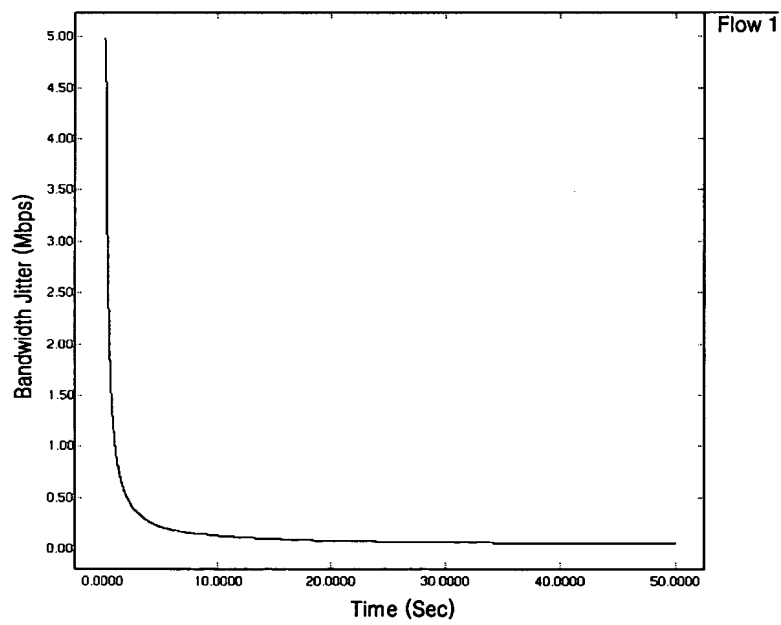
【도 10】



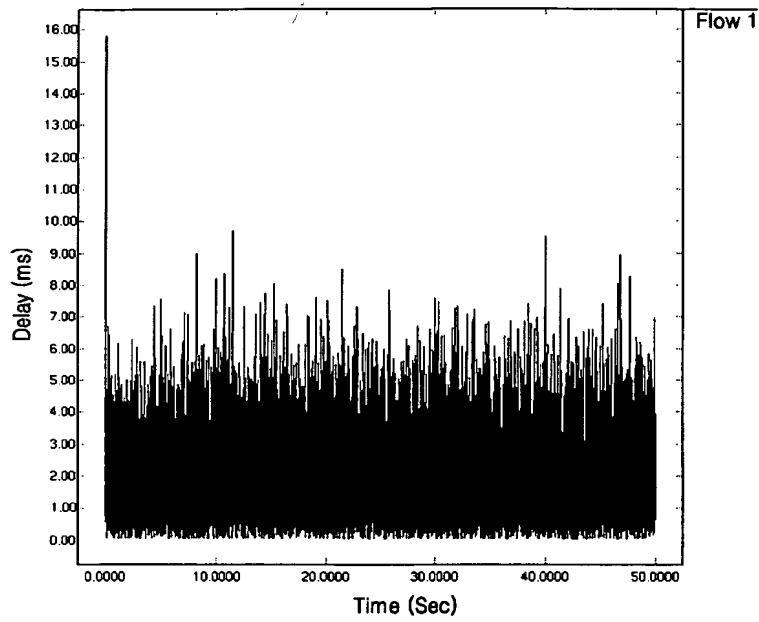
【도 11】



【도 12】



【도 13】



【도 14】

